

**COMPTE-RENDU DU WEBINAIRE DU 29 MARS 2021 :  
LES CÂBLES SOUS-MARINS : DES INFRASTRUCTURES VITALES !**

**par Raynald LECONTE et Xavier MAITRE**

Le 29 mars dernier, le Groupe Réseaux et Services de Telecom Paris Alumni a organisé un Webinaire sur les Câbles Sous-Marins (CSM).

Le but de ce webinaire était de faire mieux connaître le domaine, souvent méconnu, des CSM de télécommunications, ses spécificités, ses technologies, ses activités marines, ses acteurs, ... Et de faire ainsi prendre conscience de l'importance vitale des CSM pour les télécommunications mondiales : sans eux, Internet et les réseaux sociaux n'existeraient pas tels que nous les connaissons...

Pour apporter l'éclairage souhaitable sur les différents aspects de ce domaine, le Groupe R&S a fait appel à 4 experts reconnus, tous anciens élèves de l'Ecole.

**PRESENTATIONS :**

**Loïc LE FUR**, Directeur Général d'AXIOM, introduit le webinaire.

AXIOM est un cabinet de consulting spécialisé le domaine des CSM créé il y a une vingtaine d'années.

Après un rapide historique (les premiers câbles sous-marins télégraphiques remontent aux années 1850),

Loïc insiste sur les innovations plus récentes qu'ont constituées :

- les systèmes à fibres optiques, qui ont remplacé les systèmes coaxiaux à la fin des années 1980,
- puis l'amplification optique dans les répéteurs, au lieu de la régénération, et le multiplexage en longueurs d'onde, au milieu des années 1990,
- et depuis 2010, le développement des techniques de détection cohérente.

Il décrit successivement :

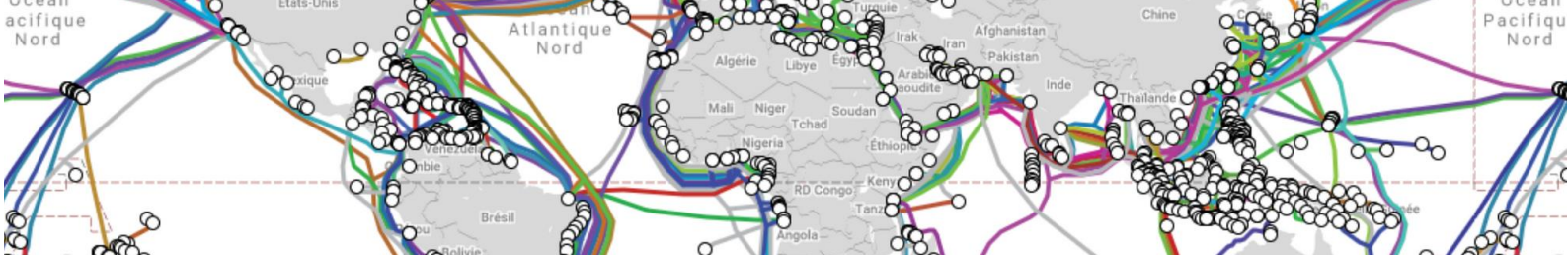
- les différents types de câbles : câbles armés près des côtes, câbles de grand fond (jusqu'à 8000 m !), ... Ces câbles comportent de plus en plus de paires de fibres optiques (jusqu'à 16 !),
- les systèmes de télé-alimentation des répéteurs immergés (avec des tensions supérieures à 10 kVolt)
- les équipements immergés : répéteurs, dispositifs de dérivation,
- les stations d'atterrissement où se trouvent les terminaux de ligne, les équipements de supervision et les équipements de télé-alimentation

La mise en œuvre d'un système sous-marin fait l'objet de nombreuses spécificités par rapport à un système de transmission terrestre, à commencer par le survey (l'étude des fonds marins avec un navire spécialisé utilisant des sonars et autres appareils de mesures), l'obtention des permis nécessaires pour l'atterrissement dans les différents pays raccordés, et bien sûr la pose du câble par un navire câblé ...

Des redondances sont prises en compte dans la conception pour rendre le système particulièrement fiable et lui assurer une durée de vie de 25 ans.

Enfin, Loïc insiste sur la tendance apparue ces dernières années, conduisant à confier à des industriels différents le système immergé proprement dit (avec son câble, ses répéteurs, sa supervision et sa télé-alimentation) et les terminaux de ligne, dérivés des technologies de transmission terrestre. Cette tendance, initialement développée pour les upgrades utilisant de nouvelles longueurs d'ondes, se généralise désormais dès la conception initiale du système.





**Jean-Christophe ANTONA**, responsable Recherche et Technologie chez Alcatel Submarine Networks, décrit alors les technologies mises en œuvre dans les systèmes sous-marins.

Rappelons qu'ASN, filiale du Groupe Nokia, est un des 3 ou 4 industriels capables de développer et de mettre en œuvre des systèmes sous-marins, en particulier les grands systèmes transatlantiques ou transpacifiques (> 15 000 km).

Jean-Christophe présente ainsi :

- les propriétés des fibres optiques monomodes (avec leur cœur de 10  $\mu\text{m}$ ) et leurs performances incomparables en termes d'affaiblissement (division par 2 de la puissance tous les 20 km à 1550 nm),
- les propriétés des amplificateurs en fibres dopés à l'Erbium (EDFA), offrant un gain allant jusqu'à 23 dB et une bande passante de 4,5 THz permettant de multiplexer jusqu'à 60 longueurs d'onde,
- et enfin, les différentes techniques de détection, avec un focus sur les techniques de détection cohérente, avec modulation gaussienne, qui permettent d'approcher les limites de Shannon.

Pour augmenter encore plus les débits transmis, ASN a développé les techniques de Space Division Multiplexing (SDM), rendues possibles par le partage de pompes optiques dans les répéteurs entre plusieurs fibres d'un même câble, optimisant ainsi la télé-alimentation.

La mise en œuvre combinée de ces dernières avancées technologiques permet de transmettre jusqu'à 18 Tbit/s par paire de fibres et jusqu'à 300 Tbit/s par câbles multi-fibres, ce qui a permis, jusqu'à aujourd'hui, de faire face à la croissance exponentielle de besoins en débit pour l'internet et les réseaux sociaux, en particulier pour les besoins vidéo.

C'est au tour de **Didier DILLARD**, CEO d'Orange Marine, de présenter les activités marines et ses navires câbliers.

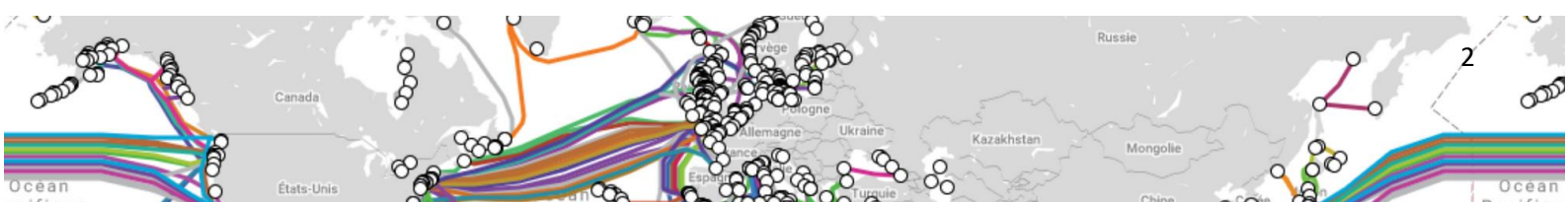
Orange Marine, filiale du groupe Orange, fait partie des quelques acteurs mondiaux présents sur ce domaine. Ces acteurs sont :

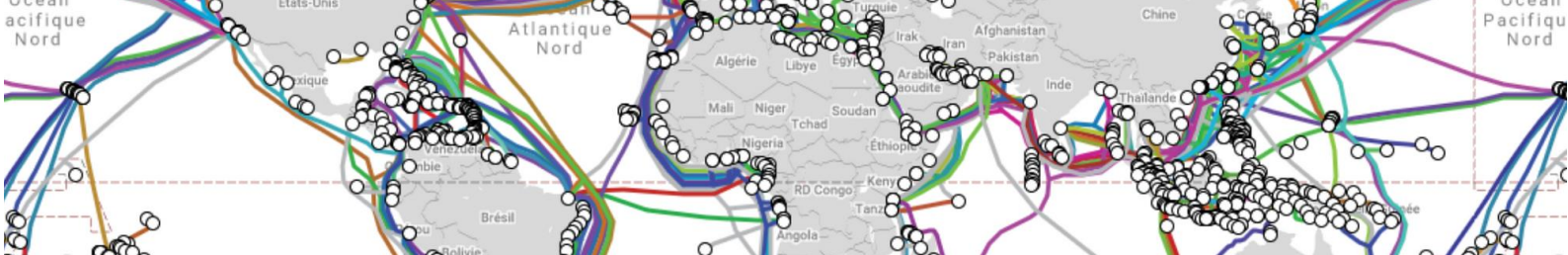
- des filiales d'opérateurs (surtout en Asie, les opérateurs occidentaux, sauf Orange, s'étant désengagés de ce secteur),
- des acteurs indépendants comme Global Marine,
- des fournisseurs de systèmes sous-marins comme Alcatel Submarine Networks et, aux Etats Unis, TE Subcom.

Didier décrit alors un navire câblier, capable de stocker des milliers de km de câbles optiques dans ses cuves, et ses engins sous-marins embarqués : ROV (Remote Operated Vehicle), charriages, ... Et il illustre sa présentation avec les 6 navires câbliers d'Orange Marine (dont 2 provenant d'Elettra, filiale d'Orange Marine achetée à Telecom Italia en 2010).

Puis il présente une opération de pose. Après des études préalables de survey pour définir précisément la route, la mission de pose commence par le chargement dans les cuves des câbles à poser, puis interviennent la pose proprement dite, les activités spécifiques d'ensouillage près des côtes et d'atterrissage jusqu'aux stations, les contrôles de bout en bout, ... Ces opérations de pose sont généralement réalisées en sous-traitance des fournisseurs de systèmes sous-marins.

Enfin, Didier présente les activités de maintenance et de réparations des câbles, activités organisées par grandes zones de maintenance, comme l'ACMA (Atlantic Cable Maintenance & Repair Agreement) ou le MECMA (Mediterranean Cable Maintenance Agreement) : les navires de garde concernés se doivent d'appareiller dans les 24 heures suivant le signalement d'un défaut. Les défauts sont souvent dus à des crochétages de câbles par des ancres non relevées.





Le navire missionné doit alors se rendre rapidement sur la zone où le défaut a été constaté, relever le câble défectueux, localiser finement le défaut, puis procéder à la réparation proprement dite selon le type de défaut, ce qui se traduit le plus souvent par la nécessité de réaliser un jointage de fibres à bord du navire, avant de remettre le câble à la mer et de procéder aux contrôles de bout en bout.

Enfin, **Carine ROMANETTI**, Head of Networks Strategy & Submarine Systems, chez Orange International Networks, Infrastructures & Services (OINIS) présente le réseau mondial des câbles sous-marins et ses acteurs.

Elle rappelle d'abord le rôle vital des CSM dans le réseau mondial des télécommunications : plus de 1,2 M km de câbles transportant 99 % du trafic intercontinental !

Ces dernières années, ce sont désormais les GAFAs, principalement Google et Facebook, qui sont devenus les plus gros investisseurs dans les nouveaux projets de CSM, se substituant aux acteurs historiques qu'étaient les grands Opérateurs. Il faut dire que, d'ici 2025, les besoins en débit cumulés des GAFAs se monteront à plus de 5 600 Tbit/s, soit plus de 7 fois les besoins cumulés des opérateurs... Devant cette situation, les opérateurs n'ont d'autres choix que de négocier avec les GAFAs pour avoir accès à leur capacité, par exemple une paire de fibres dans le câble. Ils peuvent aussi mettre en avant leur expérience pour obtenir les permis d'atterrissage, pour exploiter les stations et pour assurer les backhuls (partie des réseaux entre les stations de câbles sous-marins et les réseaux des utilisateurs : data centers et réseaux terrestres). C'est ainsi qu'Orange est partenaire de Google dans le câble transatlantique Dunant, qui vient d'être mis en service, et vient de signer un accord équivalent avec Facebook pour le câble Amitié, autre câble transatlantique.

Les opérateurs chinois sont eux aussi devenus des acteurs incontournables, non seulement en Asie, mais aussi vers les zones d'influence chinoise via des « nouvelles routes de la soie », notamment vers l'Afrique : Carine donne l'exemple du projet PEACE reliant la Chine et l'Asie à l'Afrique de l'Est et à l'Europe. Et derrière les opérateurs chinois se profilent les BATX (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi), les GAFAs chinois...

Il est clair que ces évolutions posent quelques questions géostratégiques et on note d'ailleurs que les tensions américano-chinoises se traduisent par quelques difficultés dans le monde auparavant policé des câbles sous-marins...

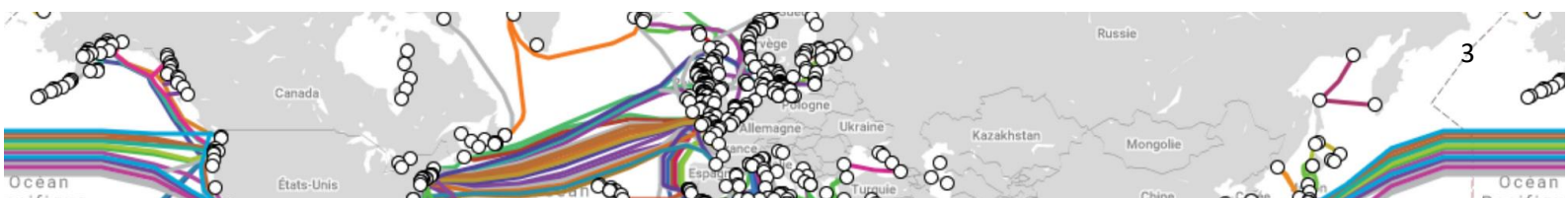
Dans cet environnement très évolutif, Orange, fort de son expérience plus que centenaire dans le domaine, reste un acteur important, mettant à profit la position géographique de la France pour y faire atterrir les nouveaux câbles, stratégie bien sûr soutenue par le Gouvernement... Orange a aussi un rôle majeur pour la connexion des départements et territoires d'Outre-Mer à la métropole, pour faciliter l'accès de ses filiales africaines au réseau mondial Internet aux meilleures conditions de coût et de qualité de service, et pour développer le business international pour les entreprises et le wholesale.

Enfin, Carine rappelle le rôle majeur d'Orange dans l'exploitation des réseaux CSM internationaux, via l'exploitation des stations d'atterrissage et la fonction d'« autorité de maintenance » pour superviser les câbles et, en cas de détection de défauts, déclencher des opérations de réparation.

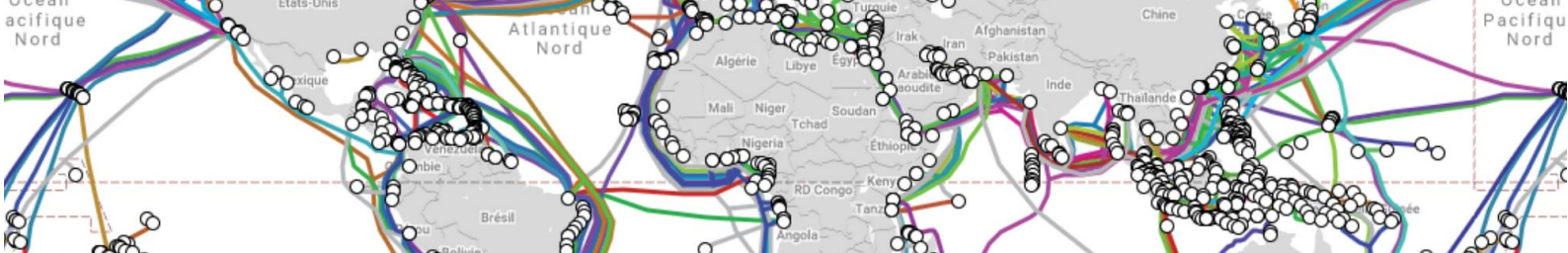
### **TABLE-RONDE :**

Après ces présentations, s'est tenue une **table-ronde virtuelle** entre les 4 intervenants.

Le débat, animé par Raynald Leconte et Xavier Maitre, s'est notamment appuyé sur les nombreuses questions posées.







Raynald demande tout d'abord si **le rôle de plus en plus important des GAFa a un impact sur les prix.**

La réponse est oui... Didier en fait régulièrement l'expérience pour ses activités de pose, en sous-traitance des fournisseurs de systèmes sous-marins. Jean-Christophe confirme que les GAFa mettent une forte pression sur le coût par bit, mais que c'est pour des besoins en volume et en débit sans précédents et que cela pousse les fournisseurs à encore plus d'innovations pour tenir ces objectifs. Loïc souligne que cette pression sur les prix est réelle, mais que cela ne se fait pas au détriment de la qualité.

À la suite de la présentation de Jean-Christophe, Xavier lui demande **comment les systèmes sous-marins vont pouvoir à l'avenir faire face à des besoins en débit de plus en plus importants,** alors qu'ils semblent déjà approcher les limites de Shannon.

Jean-Christophe souligne que les demandes de Google et Facebook ne sont pas gonflées : les besoins sont vraiment là et leurs câbles sont remplis en 2 ou 3 ans, beaucoup plus rapidement que les anciens câbles ! Jean-Christophe confirme qu'effectivement cela devient compliqué de répondre à cette croissance : certes on peut augmenter le nombre de fibres dans un câble avec le multiplexage spatial (SDM), mais, à un certain moment, il apparaît des contraintes sur l'alimentation, sur la taille du câble, sur la taille des répéteurs sous-marins, ... Certains travaillent sur les fibres multi-cœurs, mais à un moment, la seule réponse pour faire face à la croissance des besoins sera de diversifier les systèmes...

S'appuyant sur plusieurs questions posées, Raynald évoque le sujet de **la sécurité des communications sur les câbles sous-marins et plus précisément les risques d'espionnage.**

Loïc indique que c'est une pratique très courante au niveau des terminaux de ligne. Cependant, cela paraît plus difficile en mer, même si certains prétendent que les Américains le font : en mer les systèmes sont alimentés avec des risques pour les intervenants, il faudrait compenser la dispersion chromatique et démultiplexer aux fonds des océans. Raynald souligne que les volumes à traiter (en Tbit/s) sont considérables, mais, selon Loïc, les pays, notamment les Américains, sont équipés pour cela. Jean-Christophe rajoute que les techniques d'intelligence artificielle, avec les data centers adaptés, permettent de faciliter le tri des données. Il rajoute que la protection des communications peut être augmentée par utilisation de cryptage de bout en bout.

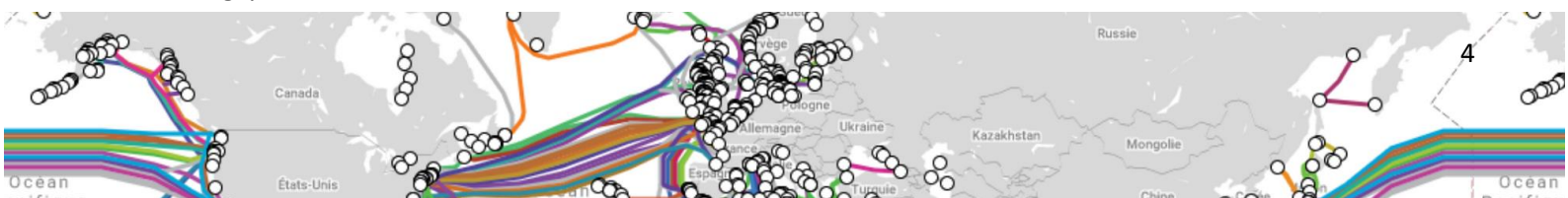
Carine confirme que ces écoutes légales existent depuis toujours et s'adaptent à l'évolution des techniques et à la montée en débit. Ensuite c'est la course entre l'usage de techniques de cryptage de plus en plus performantes et le développement d'autres techniques pour casser les clés de cryptage ... On comprend mieux tout l'enjeu qu'il y a, pour un pays et pour sa souveraineté nationale, à maîtriser sur son territoire les arrivées des câbles sous-marins internationaux...

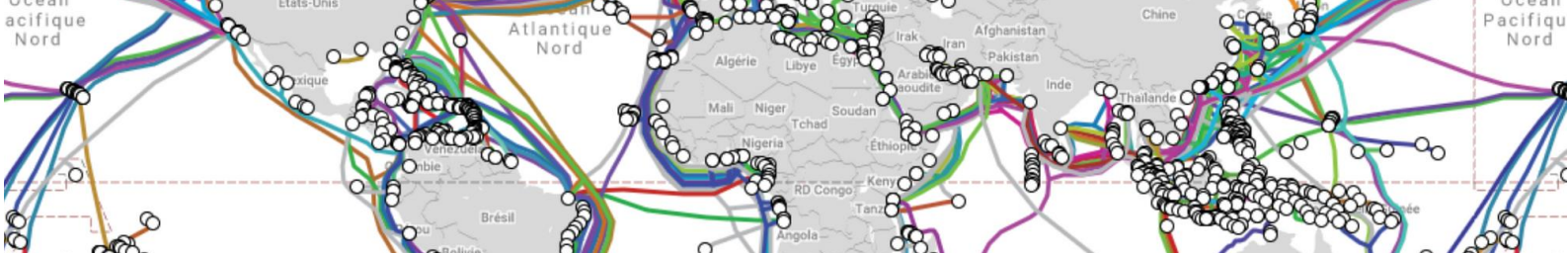
Faisant écho à des sujets d'actualité, Xavier demande **quelle est la dépendance au niveau des composants utilisés, notamment vis-à-vis des fournisseurs chinois.**

Jean-Christophe indique que les équipements immergés n'utilisent pas de composants chinois, mais que par contre, les équipements terrestres et les équipements d'upgrades en dépendent, même si, du fait de plus gros volumes, il y a une plus grande concurrence entre fabricants.

Loïc rajoute que, pour l'élément critique que sont les pompes optiques dans les répéteurs sous-marins, il n'y a que deux fournisseurs, tous les deux américains.

Xavier demande ensuite **comment se traduisent les tensions entre américains et chinois dans le monde des CSM.** Carine répond qu'il y a effectivement déjà eu des interdictions d'atterrissage de câbles en technologie Huawei sur le sol américain et que les câbles transpacifiques à capitaux américains ne veulent plus atterrir en Chine... Hong Kong a longtemps été un point d'atterrissage important pour desservir l'Asie et la Chine, mais le contexte politique récent fait que cela est aussi en train de changer au profit de Singapour.





Puis, Raynald demande à Carine **si Orange a des partenariats avec des projets de câbles à capitaux chinois**, comme il en a avec les projets GAFA. Carine répond que c'est le bien le cas et rappelle l'exemple du projet Europe-Asie Peace à capitaux chinois, pour lequel Orange va fournir le point d'atterrissage en France à Marseille. Elle donne aussi l'exemple du projet 2Africa, promu par Facebook, dans lequel Orange est partenaire et où China Mobile International a également investi. Mais il est certain que, dans les projets financés par les Chinois, la pression est très forte pour retenir un fournisseur chinois...

Xavier demande alors **comment se positionne Huawei (en fait HMN) en termes de performances**. Carine estime que, en termes de performances, HMN reste encore un cran en-dessous des deux grands équipementiers que sont ASN et TE Subcom, en particulier pour les grands systèmes. Mais leurs prix sont très compétitifs dans les appels d'offres... Loïc rappelle qu'il ne faut pas oublier l'équipementier japonais NEC, qui est très présent sur le marché transpacifique.

Enfin, Raynald évoque la question **des câbles sous-marins en Méditerranée** : Loïc et Carine confirment qu'il y a beaucoup de projets en cours qui prévoient d'atterrir à Marseille. Loïc en compte au moins 4 ou 5. Carine indique que cette attractivité de Marseille a permis le développement de plusieurs data centers, mais que d'autres ports comme Gênes ou Barcelone sont maintenant aussi sur les rangs pour accueillir des câbles. Orange Marine, avec sa filiale Elettra, est très présent en Méditerranée et Didier souligne que c'est une zone où il y a effectivement beaucoup de câbles et de projets : compte tenu du contexte politique et du faible développement des réseaux terrestres de certains pays du sud, les câbles sous-marins sont le moyen privilégié pour l'écoulement du trafic international de nombreux pays, comme Israël, l'Egypte, l'Algérie, ... A ces câbles locaux se rajoutent les grand câbles Europe-Asie, qui passent par le canal de Suez.

Xavier conclut le webinaire en remerciant les intervenants et en espérant que les participants auront découvert ou redécouvert le monde si particulier des câbles sous-marins et auront eu les réponses à leurs questions. Les présentations et le replay de ce webinaire seront mis en ligne sur le site de Telecom Paris Alumni.

